

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2005-030767

(43)Date of publication of application : 03.02.2005

(51)Int.Cl.

G01C 19/00

(21)Application number : 2003-192613

(71)Applicant : NIPPON ENKAKU SEIGYO KK

(22)Date of filing : 07.07.2003

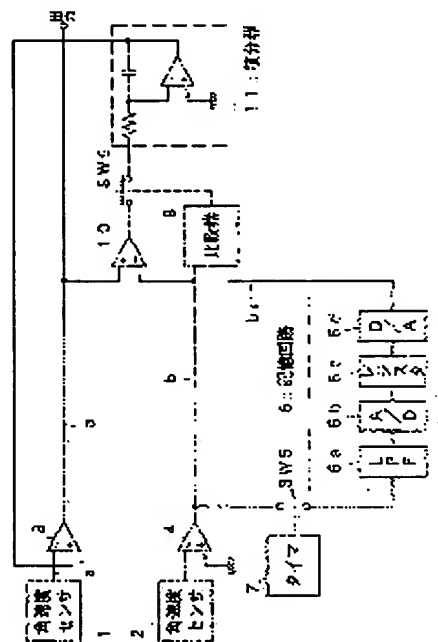
(72)Inventor : ABE ATSUSHI

## (54) GYRO DEVICE FOR RADIO CONTROL

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a gyro device for radio control capable of adjusting easily zero point, and having little noise.

**SOLUTION:** A piezoelectric vibration type angular velocity sensor 1 and a silicon ring type angular velocity sensor 2 are used. Since the output of the angular velocity sensor 2 has a stable zero point, through it has much noise, the zero point is set at first after operation as long as a prescribed time. When the output of the silicon ring type angular velocity sensor 2 agrees with the value thereafter, the output at that time is assumed as zero, and a difference value with the output from the piezoelectric type angular velocity sensor 1 at that time is detected by a differential amplifier 10. The value is integrated by an integrator 11 and returned to an operation amplifier 3. Hereby, an angular velocity signal having a stable zero point and little noise can be acquired, even if a velocity sensor having an unstable zero point is used.





**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

第 1 の角速度センサと、  
前記第 1 の角速度センサの出力と基準信号との差を出力とする第 1 の差動部と、  
同一の角速度に対して前記第 1 の角速度センサと同一の出力レベルを発生するように調整  
された第 2 の角速度センサと、  
前記第 1 の差動部と前記第 2 の角速度センサの出力の差分値を出力する第 2 の差動部と、  
起動後の所定時間後に得られる前記第 2 の角速度センサの出力を保持するセンサ値記憶部  
と、  
前記第 2 の角速度センサの出力と前記センサ値記憶部で記憶されているセンサ値とを比較 10  
し、2つの入力一致したときに出力を出す比較部と、  
前記比較部により一致出力が出されたときに前記第 2 の差動部の出力を積分し、その積分  
値を基準値として前記第 1 の差動部に出力する積分部と、を具備し、  
前記第 2 の角速度センサは、前記第 1 の角速度センサより零点の安定した出力を出すもの  
であり、  
前記第 1 の角速度センサは、前記第 2 の角速度センサよりノイズの少ない出力を出すもの  
であることを特徴とするラジオコントロール用ジャイロ装置。

**【請求項 2】**

第 1 の角速度センサと、  
前記第 1 の角速度センサの出力と基準信号との差を出力とする第 1 の差動部と、 20  
同一の角速度に対して前記第 1 の角速度センサと同一の出力レベルを発生するように調整  
された第 2 の角速度センサと、  
起動後の所定時間後に得られる前記第 2 の角速度センサの出力を保持するセンサ値記憶部  
と、  
前記第 2 の角速度センサの出力と前記センサ値記憶部で記憶されているセンサ値とを比較  
し、2つの入力一致したときに出力を出す比較部と、  
前記第 1 の角速度センサの出力と前記センサ値記憶部で記憶されているセンサ値との差分  
値を出力する第 2 の差動部と、  
前記比較部により一致出力が出されたときに前記第 2 の差動部の出力を積分し、その積分  
値を基準値として前記第 1 の差動部に出力する積分部と、を具備し、 30  
前記第 2 の角速度センサは、前記第 1 の角速度センサより零点の安定した出力を出すもの  
であり、  
前記第 1 の角速度センサは、前記第 2 の角速度センサよりノイズの少ない出力を出すもの  
であることを特徴とするラジオコントロール用ジャイロ装置。

**【請求項 3】**

前記第 1 の角速度センサは、圧電振動型の角速度センサであり、前記第 2 の角速度センサ  
は、シリコンリングの振動による角速度センサであることを特徴とする請求項 1 又は 2 記  
載のラジオコントロール用ジャイロ装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は角速度センサを用いたラジオコントロール用のジャイロ装置に関し、特にノイズ  
の少ない安定したラジオコントロール用ジャイロ装置に関するものである。

**【0002】****【従来の技術】**

従来ラジオコントロール用にも例えば特許文献 1 に示すように種々の角速度センサが用い  
られている。この角速度センサは主に圧電振動型（ピエゾ型）の角速度センサが用いられ  
、ラジオコントロール用飛行機やヘリコプターの姿勢を制御するジャイロ装置として適用  
されている。このような圧電振動型の角速度センサは、水晶や圧電素子を 1 次振動させて  
おき、コリオリ効果によって 2 次振動が発生することに基づいて角速度を検出するもので 50

ある。

【0003】

他の角速度センサとして、シリコンリングの振動を使った角速度センサが知られている。これはマイクロマシンニングによるリング形のシリコン振動子の中吊りとしてシリコンリングを振動させておく。そして角速度が加わったときにコリオリの力に基づいて新たな振動モードが発生するので、これによって角速度を検出するものである。このような角速度センサを使ったラジオコントロール用ジャイロ装置も用いられている。

【0004】

【特許文献1】

特開平5-293255号公報

10

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ラジオコントロール用にジャイロ装置を用いる場合には、通常起動時に数秒間使用者がジャイロ装置を搭載した機体を静止させて、その間に角速度センサからの出力が零となっているときの電圧を装置内に自動記憶させ、これを零点として処理をしている。そして機体が飛行中には角速度センサの出力により各種の演算を行って、その出力によってサーボモータを動かすようなシステムが構成されている。しかし現在用いられているピエゾ角速度センサによるジャイロ装置は零点が不安定となり易いという欠点がある。そのため、最初に記憶した零点とその角速度センサの出力の零点とがずれてしまうことがある。零点がずれると、静止の指令が送られてきても零点とは見なさないため、機体が旋回する等の予期しない動作を続けてしまうという現象が生じていた。

20

【0006】

一方シリコンリング型の角速度センサによれば、零点はピエゾ型角速度センサに比べてはるかに安定しており、動作中に零点がずれる心配がない。しかしこの角速度センサの出力にはノイズが多いという欠点がある。このためこのセンサの出力によって機体を動作させる場合、何も指令を受けていないにもかかわらず機体が動いてしまうという不都合な現象を生じる欠点があった。このノイズの周波数成分はジャイロ装置の応答周波数範囲内に入っているため、ローパスフィルタ等で取り除くことができず、実用化する際の難点となっていた。

【0007】

30

本発明はこのような従来の問題点に鑑みてなされたものであって、零点が安定しており、しかもノイズによって不要な挙動を生じさせることのない安定したラジオコントロール用ジャイロ装置を提供することを技術的課題とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本願の請求項1の発明は、第1の角速度センサと、前記第1の角速度センサの出力と基準信号との差を出力とする第1の差動部と、同一の角速度に対して前記第1の角速度センサと同一の出力レベルを発生するように調整された第2の角速度センサと、前記第1の差動部と前記第2の角速度センサの出力の差分値を出力する第2の差動部と、起動後の所定時間後に得られる前記第2の角速度センサの出力を保持するセンサ値記憶部と、前記第2の角速度センサの出力と前記センサ値記憶部で記憶されているセンサ値とを比較し、2つの入力一致したときに出力を出す比較部と、前記比較部により一致出力が出されたときに前記第2の差動部の出力を積分し、その積分値を基準値として前記第1の差動部に出力する積分部と、を具備し、前記第2の角速度センサは、前記第1の角速度センサより零点の安定した出力を出すものであり、前記第1の角速度センサは、前記第2の角速度センサよりノイズの少ない出力を出すものであることを特徴とする。

40

【0009】

本願の請求項2の発明は、第1の角速度センサと、前記第1の角速度センサの出力と基準信号との差を出力とする第1の差動部と、同一の角速度に対して前記第1の角速度センサと同一の出力レベルを発生するように調整された第2の角速度センサと、起動後の所定時

50

間後に得られる前記第2の角速度センサの出力を保持するセンサ値記憶部と、前記第2の角速度センサの出力と前記センサ値記憶部で記憶されているセンサ値とを比較し、2つの入力一致したときに出力を出す比較部と、前記第1の角速度センサの出力と前記センサ値記憶部で記憶されているセンサ値との差分値を出力する第2の差動部と、前記比較部により一致出力が出されたときに前記第2の差動部の出力を積分し、その積分値を基準値として前記第1の差動部に出力する積分部と、を具備し、前記第2の角速度センサは、前記第1の角速度センサより零点の安定した出力を出すものであり、前記第1の角速度センサは、前記第2の角速度センサよりノイズの少ない出力を出すものであることを特徴とする。

【0010】

本願の請求項3の発明は、請求項1又は2のラジオコントロール用ジャイロ装置において、前記第1の角速度センサは、圧電振動型の角速度センサであり、前記第2の角速度センサは、シリコンリングの振動による角速度センサであることを特徴とする。

【0011】

【発明の実施の形態】

(実施の形態1)

図1は本発明の実施の形態1によるラジオコントロール用ジャイロ装置の構成を示すブロック図である。図1において第1の角速度センサ1はピエゾ型角速度センサを用いる。又第2の角速度センサ2はシリコンリング型の振動による角速度センサを用いる。ピエゾ型角速度センサはシリコンリング型の角速度センサに比べてノイズが少ないという利点があるが、同時に零点が不安定であるという欠点もある。一方シリコンリング型の角速度センサはピエゾ型角速度センサよりも零点が安定しているという利点があるが、同時にノイズが多いという欠点がある。これらの角速度センサ1、2は、いずれもラジオコントロールの対象となる図示しない飛行機の所定の方向に取付けられている。これらの角速度センサ1、2の出力は夫々演算増幅器3、4に出力されている。尚図1では演算増幅器の入力抵抗、帰還抵抗は省略して示している。演算増幅器3及び4はその信号強度が同一となるように夫々の増幅率をあらかじめ調整しておく。即ち一定の角速度に対して第1、第2の角速度センサ1、2を適宜増幅して演算増幅器3、4より同一の出力が得られるように調整しておくものとする。演算増幅器3は角速度センサ1の出力と後述する基準値との差を出力する差動増幅器として用いられ、第1の差動部を構成する。又演算増幅器4は反転増幅器として用いられる。演算増幅器4の出力はスイッチSW5を介して記憶回路6に与えられる。スイッチSW5はタイマ7によって開閉自在に構成されている。タイマ7は電源を投入した後の一定時間、例えば2～3秒間スイッチSW5を閉成するものである。又記憶回路6はアナログ信号を保持するものであり、例えば図示のようにローパスフィルタLPF6a、ローパスフィルタの出力をデジタル値に出力するA/D変換器6b、A/D変換器6bの出力を保持するレジスタ6c、及びレジスタ6cの出力をアナログ値に変換するD/A変換器6dによって構成することができる。A/D変換器6b、レジスタ6c、D/A変換器6dはローパスフィルタ6aの出力のアナログ値を保持する出力値記憶部を構成している。このような構成でなく、ローパスフィルタ6aの出力のアナログ値をそのままサンプルホールド回路等によって保持する構成としてもよい。

【0012】

さて記憶回路6の出力は比較器8に与えられる。比較器8は記憶回路6の出力と演算増幅器4の出力とを比較するものであり、その2つの入力がほぼ同一のレベルであれば、スイッチSW9を閉成するものである。比較器8はウィンドウコンパレータによって構成することができる。又演算増幅器3、4の出力は夫々差動増幅器10に与えられる。差動増幅器10はこの差分値を出力する第2の差動部であり、その出力はスイッチSW9を介して積分器11に与えられる。積分器11は入力信号を積分し、その出力を演算増幅器3の基準入力として帰還するものである。又演算増幅器3の出力はそのままこのジャイロ装置の出力として外部に出力される。

【0013】

10

20

30

40

50

次に本実施の形態1について図2、図3のタイムチャートを参照しつつ説明する。図2は電源投入直後の動作を示すタイムチャートである。図2(ア)はタイマ7の出力を示しており、電源投入直後に $t_0 \sim t_1$ までの一定時間、例えば2~3秒間スイッチSW5が閉成される。このとき演算増幅器3の出力aは図2(イ)に示すものとなり、電源投入直後の時刻 $t_0$ では安定していないが、時刻 $t_1$ では安定した出力が得られている。又図2(ウ)に示すように演算増幅器4の出力bも時刻 $t_1$ ではほぼ安定しているが、その間にノイズが生じている。このノイズは図1の記憶回路6内にあるローパスフィルタ6aで除去される。記憶回路6でA/D変換、及びD/A変換された出力はこのようなノイズ成分を含まず、図2(エ)に示すような出力となっている。時刻 $t_1$ の時点でのD/A変換器6dの出力レベルが基準値 $b_0$ となる。

10

#### 【0014】

さて動作開始後に図3(ア)に示すように角速度センサ1の出力を $a'$ とし、演算増幅器3の出力をaとする。又図3(イ)に示すように、演算増幅器4の出力をb、記憶回路6の出力を $b_0$ とする。機体の傾き等によって図3(ア)、(イ)に示すように、角速度センサ1、2、演算増幅器3、4の出力が変化する。機体が回転せずに角速度が生じない状態となると、図3(ア)、(イ)の時刻 $t_2 \sim t_3$ 、 $t_5 \sim t_6$ に示すように、演算増幅器4の出力bは基準値 $b_0$ と一致する。この状態は比較器8で検出されて図3(ウ)に示すようにスイッチSW9がオンとなる。この間には演算増幅器3、4の差分値が差動増幅器10を介して積分器11に出力される。これによって積分器11は動作する。図3(ウ)において期間 $t_2 \sim t_3$ 、 $t_5 \sim t_6$ では比較的長く比較器8より一致信号が得られているため、図3(エ)に示すように積分器11の出力が徐々に変化する。このためピエゾ型の角速度センサ1の出力は図3(ア)に示すように徐々に零点が補正される。即ち零点がずれることがあっても、積分器11によって自動的に零点のオフセットに相当する信号が差動増幅器3の基準入力として与えられ、オフセット分が除かれた出力が得られる。但し図3(ウ)に示す時刻 $t_4$ では、ノイズによってごく短時間演算増幅器4からの出力と記憶回路6の出力が一致し、スイッチSW9が閉成される。しかし閉成される時間がごく短時間であるため、積分器11の出力にはほとんど影響を与えない。時刻 $t_7$ 、 $t_8$ でもごく短時間演算増幅器4の出力bと基準値 $b_0$ とが一致し、比較器8より出力が出されるが、積分器11の出力にはほとんど影響を与えない。

20

#### 【0015】

本実施の形態ではシリコンリング型の角速度センサ2は零点が安定しているため、零点のみを検出する角速度センサとして用いており、このセンサの欠点であるノイズが生じたとしてもごく短時間のヒゲ状のパルスが出力されるだけで積分器11の出力にはほとんど影響を与える恐れはなくなる。このように本発明では、2つの角速度センサの利点を生かしながら、安定でノイズの少ないジャイロ装置を実現することができる。

30

#### 【0016】

尚本発明で用いている第1の角速度センサは、ノイズの少ない角速度センサであればよく、水晶や圧電素子を用いた圧電振動ジャイロ、例えば株式会社村田製作所のジャイロスター(登録商標)、ENC-03Jを用いることができる。又第2の角速度センサは零点が安定している種々の角速度センサを用いることができる。例えばシリコンセンシングシステムズ社のRate Gyro(RSφ3-11)やアナログデバイス社のYaw Rate Gyro ADXRS150等を用いることができる。

40

#### 【0017】

##### (実施の形態2)

次に本発明の実施の形態2によるジャイロ装置について説明する。図4は実施の形態2によるラジオコントロール用ジャイロ装置の構成を示すブロック図であり、前述した実施の形態と同一部分は同一符号を付して詳細な説明を省略する。この実施の形態では記憶回路6、タイマ7、比較器8、スイッチSW9、差動増幅器10、及び積分器11に代えて、マイクロコンピュータ(MPU)を用いている。演算増幅器3、4の出力は夫々スイッチSW12を介してA/D変換器13に与えられる。A/D変換器13は入力信号をデジタ

50

ル値に変換し、MPU14に与えるものである。MPU14は上述した各ブロックの処理を行うもので、MPU14から得られる出力は、D/A変換器15を介して演算増幅器3の非反転入力端に出力される。その他の構成は実施の形態1と同様である。

#### 【0018】

次にこの実施の形態の動作について、図5のタイムチャートを参照しつつ説明する。動作を開始すると、まずステップS1においてスイッチSW12を演算増幅器(OPAMP)4側に設定する。そしてステップS2において、演算に用いる値である $B_m$ 、 $C_m$ を0とし、タイマ値 $T_M$ 、タイマ積算値 $T_{Mm}$ を0とする。次にステップS3に進んでA/D変換器13より演算増幅器4の出力データBを取り込む。そしてステップS4に進んで以下の演算とする。

10

$$B_o = k B + (1 - k) B_m$$

ここで $k$ は $0 < k < 1$ を満たす値である。ステップS4は最も最近得られた値 $B$ と過去に得られた値 $B_m$ とを重み付け加算することによって、前述した実施の形態1のローパスフィルタ6aに対応する機能を達成するローパスフィルタ手段である。こうして演算された値 $B_o$ を記憶し、次いでステップS5に進んでタイマ値 $T_M$ としてタイマ積算値 $T_{Mm}$ にステップS3からS8までの所要時間であるクロック $\Delta t_1$ を加算する。そして $T_M$ が所定値に達したかどうかをチェックし(ステップS6)、達していなければステップS7に進んで $T_M$ の値を $T_{Mm}$ とする。次いでこのとき得られる $B_o$ を $B_m$ とし(ステップS8)、ステップS3に戻って同様の処理を繰り返す。こうしてタイマ値 $T_M$ が所定値、例えば3秒に達するまで同様の処理を繰り返す。こうすればステップS6においてタイムアップしたときに得られている値 $B_o$ は、前述した実施の形態1の基準値 $b_o$ に対応する値となる。

20

#### 【0019】

さてその後ステップS9に進んで、A/D変換器13からデータBを取り込み、ステップS10において $B_o$ と $B$ とを比較する。これがほぼ一致していなければ一致するまで待受ける。これらがほぼ一致している場合には、図3の時刻 $t_2 \sim t_3$ のように各角速度センサ1, 2より角速度の出力が0となっている状態であるため、スイッチSW12を演算増幅器3に切換えて演算増幅器よりデータAを取り込む。そしてステップS13に進んで $\Delta C$ を次式によって算出する。

$$\Delta C = \Delta t_2 \cdot (B_o - A) / T$$

30

ここで $T$ は $\Delta t_2$ より大きい積分定数、例えば10秒に相当する値であり、 $\Delta t_2$ はステップS9からS17までのループに要する時間である。この処理は積分操作に相当し、図3の時刻 $t_4$ ,  $t_7$ などのヒゲ状のノイズを除くことができる。次いでステップS14に進んでスイッチSW12を演算増幅器4側にセットし、ステップS15, S16において、 $\Delta C + C_m$ を加算した値を積分値 $C$ とし、この値をD/A変換器15に出力する。次いで $C$ をステップS17において $C_m$ として保持する。そしてステップS9に戻って同様の処理を繰り返す。

#### 【0020】

こうして例えば図3の時刻 $t_2 \sim t_3$ に示すように、 $b$ が $b_o$ に等しい時間が連続する場合にはステップS9～S17の処理が繰り返され、そのときの積分値 $C$ がD/A変換され、アナログ補正值 $c$ として演算増幅器3に出力されることになる。またステップS10において得られたデータBが $B_o$ と等しくなければ $\Delta C$ の加算がなく、補正值 $C$ をそのまま出力することができる。これによって前述した実施の形態1と同様の処理を行うことができる。この場合にはMPU14を用いているため、ハードウェアをより簡略化することができる。

40

#### 【0021】

##### (実施の形態3)

次に本発明の実施の形態3について説明する。実施の形態3は図6に示すように演算増幅器3による差分処理をMPU14内で処理し、D/A変換器15よりそのまま角速度を出力するようにしたものである。この場合には演算増幅器3, 4は単なる増幅器として用い

50

、増幅率を調整して同一の出力が得られるようにしておく。夫々の出力は実施の形態 2 と同様にスイッチ SW 12 に与えられ、更に A/D 変換器 13、MPU 14、D/A 変換器 15 を介して出力される。この場合には D/A 変換器 15 の出力 f がそのまま角速度出力として用いられる。

#### 【0022】

次にこの実施の形態の動作について図 7 のフローチャートを参照しつつ説明する。ステップ S 1、S 3～S 8 の処理については図 5 と全く同様であるので説明を省略する。但し初期化処理のステップ S 20 において  $B_m = 0$ 、 $TM_m = 0$ 、 $TM = 0$  及び  $E_m = 0$  とする。さてステップ S 9 において、A/D 変換器 13 からデータ B を取り込み、ステップ S 10 において B と  $B_0$  とを比較する。一致する場合にはスイッチ SW 12 を演算増幅器 3 側とし、A/D 変換器 13 よりデータを取り込む（ステップ S 21）。このとき A/D 変換された角速度センサ 1 からのデータは D とする。そしてステップ S 22 に進んで補正值  $\Delta E$  を次式によって算出する。

$$\Delta E = \Delta t_s \cdot (B_0 - D) / T$$

尚  $\Delta t_s$  はステップ S 9 から S 26 までの所要時間である。そしてステップ S 14 に進んでスイッチ SW 12 を演算増幅器 4 側にセットし、ステップ S 23 に進んで以下の演算を行う。

$$E = \Delta E + E_m$$

次いでステップ S 24、25 において以下の演算を行う。

$$E_m \leftarrow E$$

$$F = E + D$$

そしてステップ S 26 に進んで角速度データ F をこのジャイロ装置の出力として D/A 変換器 15 に出力する。D/A 変換器 15 はこの出力をアナログ値に変換し、角速度信号 f として出力する。次いでステップ S 9 に戻って同様の処理を繰り返す。

#### 【0023】

こうすればマイクロコンピュータ内で、2つの入力が一一致したときに出力を出す比較部及び積分部の機能を達成すると共に、第 1 の角速度センサ 1 と基準信号との差を増幅する差動部の機能を達成することができる。これによって前述した実施の形態 1 と同様の処理を行うことができる。この場合にも MPU 14 を用いて全ての演算をしているため、ハードウェアを更に簡略化することができ、ローパスフィルタや積分器の定数を容易に変化させることができる。

#### 【0024】

尚、角速度データ F は必要に応じてそのまま出力することもできる。この場合には D/A 変換器 15 を省略することができる。

#### 【0025】

##### 【発明の効果】

以上詳細に説明したように本発明によれば、第 1 の角速度センサと第 2 の角速度センサとを用いて、零点が安定で、しかもノイズがないラジオコントロール用ジャイロ装置を実現することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態 1 によるラジオコントロール用ジャイロ装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】本実施の形態 1 によるジャイロ装置の動作開始直後の動作を示すタイムチャートである。

【図 3】本実施の形態 1 によるジャイロ装置の動作を示すタイムチャートである。

【図 4】本発明の実施の形態 2 によるラジオコントロール用ジャイロ装置の構成を示すブロック図である。

【図 5】実施の形態 2 によるジャイロ装置の動作をフローチャートである。

【図 6】本発明の実施の形態 3 によるラジオコントロール用ジャイロ装置の構成を示すブロック図である。

10

20

30

40

50



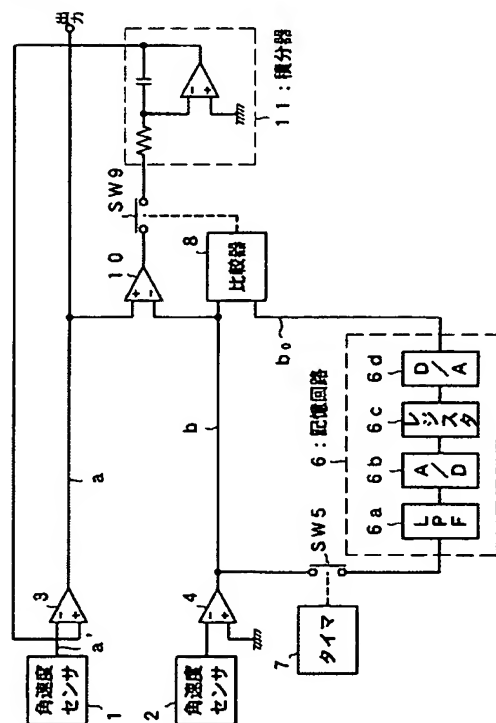
【図 7】 実施の形態 3 によるジャイロ装置の動作をフローチャートである。

【符号の説明】

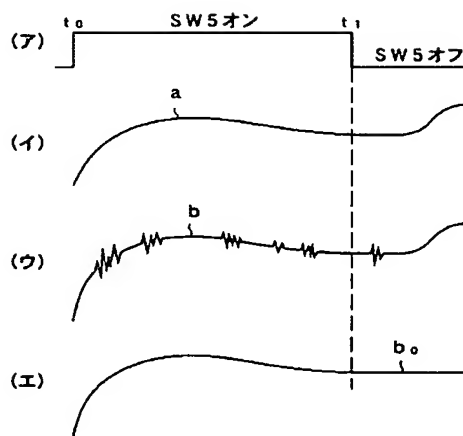
- 1 第1の角速度センサ
- 2 第2の角速度センサ
- 3, 4 演算増幅器
- 5 スイッチ (SW)
- 6 記憶回路
- 6 a ローパスフィルタ
- 7 タイマ
- 8 比較器
- 9 スイッチ (SW)
- 10 差動増幅器
- 11 積分器
- 12 スイッチ (SW)
- 13 A/D変換器
- 14 MPU
- 15 D/A変換器

10

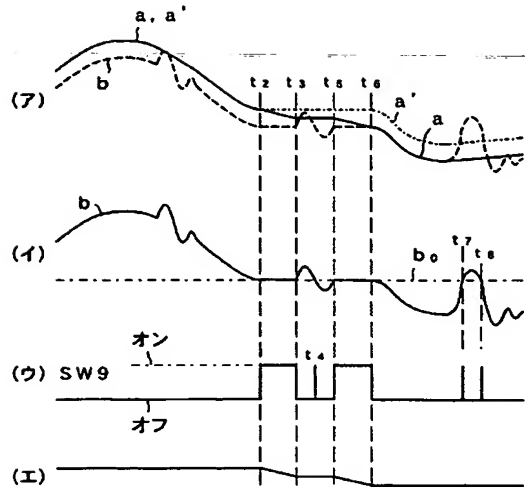
【圖 1】



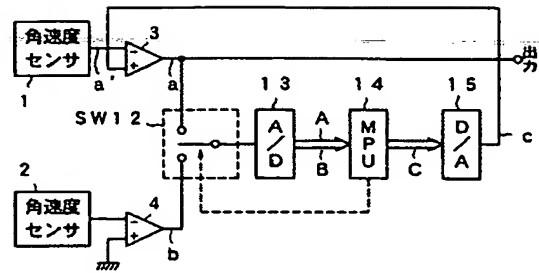
【圖 2】



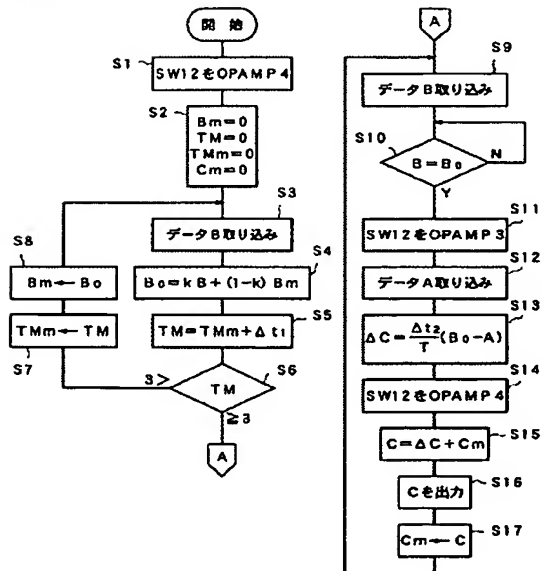
【図 3】



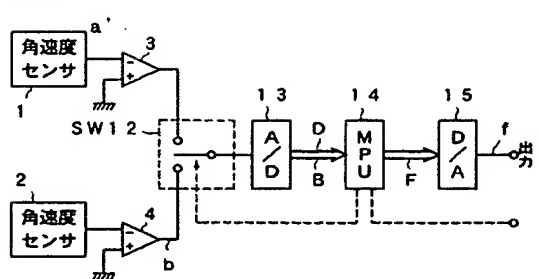
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

